

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Akira EGAWA, et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: January 29, 2004

Examiner:

For: GAS LASER OSCILLATOR

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-023653

Filed: January 31, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: January 29, 2004

By: 

H. J. Staas
Registration No. 22,010

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 1 日
Date of Application:

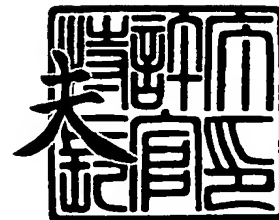
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 3 6 5 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 2 3 6 5 3]

出 願 人 ファナック株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 7 0 5 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 21618P

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 江川 明

【発明者】

【住所又は居所】 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファ
ナック株式会社 内

【氏名】 安藤 稔

【特許出願人】

【識別番号】 390008235

【氏名又は名称】 ファナック株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082304

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹本 松司

【電話番号】 03-3502-2578

【選任した代理人】

【識別番号】 100088351

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉山 秀雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100093425

【弁理士】

【氏名又は名称】 湯田 浩一

【選任した代理人】

【識別番号】 100102495

【弁理士】

【氏名又は名称】 魚住 高博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015473

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9306857

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガスレーザ発振装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ媒質ガスに放電を生起させるための放電セクションと、該放電セクションに接続され、放電電力を供給する放電励起用電源とを有するガスレーザ発振装置において、

前記放電セクションに放電方向とは異なる方向の磁界を印加する磁界印加手段を備え、

前記磁界印加手段は、前記磁界の強度及び向きの内の少なくとも一方を変化させることができ、それによってレーザ出力の横モードが変更可能であることを特徴とする、ガスレーザ発振装置。

【請求項 2】 前記磁界印加手段は、前記放電セクションの外周に巻かれたコイルと、該コイルに直流電流を流す直流コイル励磁手段とを含み、

前記直流コイル励磁手段は、前記直流電流の大きさを変更することにより前記放電セクションに生成される磁界の強度を変更することが可能であることを特徴とする、請求項 1 に記載のレーザ発振装置。

【請求項 3】 前記磁界印加手段は、前記放電セクションの外周に巻かれたコイルと、該コイルに交流電流を流す交流コイル励磁手段とを含み、

前記交流コイル励磁手段は、前記交流電流の大きさを変更することにより前記放電セクションに生成される交流磁界の強度を変更することが可能であることを特徴とする、請求項 1 に記載のレーザ発振装置。

【請求項 4】 前記交流磁界を放電電流に同期させることを特徴とする、請求項 3 に記載のレーザ発振装置。

【請求項 5】 複数個の放電セクションを有し、前記磁界印加手段は、前記複数個の放電セクションの内少なくとも 1 つの放電セクションに放電方向とは異なる方向の磁界を印加することを特徴とする、請求項 1 に記載のレーザ発振装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばレーザ加工、医学治療、照明や通信に用いられ、気体をレーザ媒質とする放電励起方式のレーザ発振装置に関し、特に、レーザ出力の横モード（以下、単に「ビームモード」という）を高速で制御する機能を備えたレーザ発振装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

例えばレーザ加工、医学治療、照明や通信等に広く用いられているガスレーザ発振装置として、1つまたは複数の放電セクションを持ち、各放電セクションに設けられた電極に各々放電励起用電源を接続したものが知られている。図6は、その代表的な要部構成を例示した図である。同図において、符号4a、4bは、各々部分透過性を有しないリアミラーと部分透過性を有する出力ミラーを表わし、両ミラー4a、4b間に光共振空間が形成される。そして、光共振空間内に2つの放電セクション3a、3bが設けられている。

【0003】

媒質ガスは、送風機6により、矢印7で示したように共振器内を通る循環路に沿って流通している。送風機から送り出された媒質ガスは、圧縮熱を除去するための熱交換器5aを通過し、放電セクション3a、3bに供給される。各放電セクション3a、3bには、各々放電励起用電源1a、1bに接続された電極2a、2bが設けられており、これら電極によって媒質ガスが放電を起こし、レーザ光が発生する。発生したレーザ光は出力ミラー4bから出力される。放電により高温となった媒質ガスは、熱交換器5bで冷却され、再び送風機6に戻る。

【0004】

このように本例では、放電セクションは2本の放電管で構成され、2台の放電励起用電源1a、1bによって駆動されている。電源は交流電源であり、したがって放電は交流放電となっている。

【0005】

一般にこの種のガスレーザ発振装置は、共振器の構造、寸法で決まるビームモードを形成する。例えば、レーザ共振器の長さ、放電セクションの断面形状、寸

法等に応じて形成されるビームモードが変化する。また、放電セクションが放電管で構成されている場合、ビームモードを決定するファクタには、放電管の内径、電極の形状の他、図には示されていないが、光路上に設置されたアパーチャの内径などが含まれる。これらの事項は、例えば、下記特許文献 1 などに開示されている。

【0006】

実際にどのようなモードでガスレーザ発振器を発振させるかは、加工などの使用目的によって決まるが、広範な用途に対応するためには、このビームモードを用途に適した特性に、適宜、制御できることが望ましい。

【0007】

このビームモードの制御に関しては、従来から下記特許文献 2 のようなアパーチャを用いた技術が知られている。これは光共振器内の光路上に、ビーム径を制限するアパーチャを出し入れすることで、モードを変化させるもので、アパーチャを光軸上に配置した状態とアパーチャを光路から退却させた状態と切り替えることで、TEM₀₀モード（ガウスモード）もしくは低次モードと、TEM₀₁*（リングモード）もしくは高次モードとの間でのモード切替を実現している。

【0008】

このような、アパーチャを機械的に移動させる方法は、一般に、耐久性に問題があり、応答性の点でも高速制御への適性に乏しい。また、アパーチャの光軸調整が困難であり、取扱いが難しく、保守性が悪いという問題もある。

【0009】

ビームモードの制御のために提案された別の技術として、下記特許文献 3 に記載された技術がある。特許文献 3 の実施例では、モードの制御にアダプティブミラー（曲率可変ミラー）が使用されており、機械的に変化するミラー曲率について設定された 2 つの状態の間で切替を行なうことで、モードの切替を行なう方式が説明されている。しかし、このミラーの曲率を変化させる方法も、ミラーの形状を変化させるものである以上、応答性、制御性に問題があり、光軸調整の難しさも解決していない。なお、アダプティブミラーの機能及び構造に関しては、下記特許文献 4 に詳しい記述がある。

【0010】

【特許文献1】

特開昭64-42187号公報

【特許文献2】

欧州特許第0492340号

【特許文献3】

特開2002-118312号公報

【特許文献4】

特許第3072519号

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明はかかる問題点を解決するためになされたもので、高速動作が可能であり、制御性が良く、取扱いが簡便で保守性のよいレーザビームモード制御機能を有する、ガスレーザ発振装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、放電セクションに強度あるいは方向を可変とした磁界を印加する手段を設けることによりビームモードを可変制御するレーザ発振装置を提供し、上記課題を解決したものである。

【0013】

即ち、本発明は、レーザ媒質ガスに放電を生起させるための放電セクションと、該放電セクションに接続され、放電電力を供給する放電励起用電源とを有するガスレーザ発振装置に適用されるもので、その基本的な特徴は、前記放電セクションに放電方向とは異なる方向の磁界を印加する磁界印加手段を備えており、前記磁界印加手段は、前記磁界の強度及び向きの中の少なくとも一方を変化させることができ、それによってレーザ出力の横モードが変更可能であることである。

【0014】

ここで、前記磁界印加手段としては、例えば前記放電セクションの外周に巻かれたコイルと、該コイルに直流電流を流す直流コイル励磁手段を用いることがで

きる。そして、前記直流コイル励磁手段には、例えば、前記直流電流の大きさを変更することにより前記放電セクションに生成される磁界の強度を変更することが可能なものが用いられる。

【0015】

また、前記磁界印加手段は、前記放電セクションの外周に巻かれたコイルと、該コイルに交流電流を流す交流コイル励磁手段とを含んでいても良い。この場合、前記交流コイル励磁手段は、例えば、前記交流電流の大きさを変更することにより前記放電セクションに生成される交流磁界の強度を変更することが可能であるものが用いられる。なお、この前記交流磁界は放電電流に同期させても良い。

【0016】

また、レーザ発振装置は複数個の放電セクションを有していても良い。その場合、その全部あるいは一部に、放電方向とは異なる方向の磁界を印加する手段が設けられる。

【0017】

このようなガスレーザ発振装置においては、光学要素の機械的な移動や変形を利用することなく、放電セクションに印加する磁界の強度や方向を変化させるだけで、レーザビームモードの制御が可能となる。従って、構造の複雑化を招くことなく、高速に動作する制御性の良い、また、取扱いが容易で保守性の良いビームモード制御機能を実現される。また、そのため、用途に最適なビームモードが簡単に実現でき、広範な用途への適用が可能になる。

【0018】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の1つの実施形態に係るレーザ発振装置の要部構成を図6と同様の実施形態で示したものである。なお、図6に示した構成と共通した要素については、適宜、同じ参照番号を使用した。図1を参照すると、部分透過性を有しないリアミラー4aと部分透過性を有する出力ミラー4bとの間に光共振空間が形成され、その中に2つの放電セクション3a、3bが設けられている。

【0019】

各放電セクション3a、3bは、各々電極2a、2bを備え、電極2aは放電

励起用電源 1 a に接続され、電極 2 b は放電励起用電源 1 b に接続されている。各放電励起用電源 1 a、1 b は、各々交流電源で、各放電セクション 3 a、3 b に交流電力を供給する。放電励起用電源 1 a、1 b は制御装置 10 に接続され、この制御装置 10 により、各放電励起用電源 1 a、1 b のオン／オフ及び供給電力の調整が行なわれるようになっている。

【0020】

図 6 に示した例と同様に、媒質ガスは、送風機 6 により矢印 7 で示したように共振器内を通る循環路に沿って流通している。送風機から送り出された媒質ガスは、圧縮熱を除去するための熱交換器 5 a を通過し、放電セクション 3 a、3 b に供給される。各放電セクション 3 a、3 b では放電によってレーザ媒質ガスが励起され、レーザ光が発生する。周知の原理により、発生したレーザ光は光共振器内で増幅され、レーザビームが出力ミラー 4 b から取り出される。レーザ光放出後、放電により高温となった媒質ガスは、熱交換器 5 b で冷却され、再び送風機 6 に戻る。

【0021】

ここまで説明した事項については、図 6 に示した従来例と特に変わるところはない。従来例には備わっていない、本実施形態の特徴は、各放電セクション 3 a、3 b を構成する各放電管の周囲にそれぞれコイル 8 a～8 d が巻回され、各コイルは、コイル励磁回路 9 a～9 d を用いて励磁可能になっていることである。先ず、放電セクション 3 a を構成する放電管の周囲には、互いに適当な絶縁距離をとって、コイル 8 a 及び 8 b が巻回されている。同様に、放電セクション 3 b を構成する各放電管の周囲には、互いに適当な絶縁距離をとって、コイル 8 c 及び 8 d が巻回されている。

【0022】

そして、各コイル 8 a～8 d は、各々コイル励磁回路 9 a～9 d に接続されている。更に、各コイル励磁回路 9 a～9 d は制御装置 10 に接続され、この制御装置 10 により、各コイル 8 a～8 d に流される励磁電流の大きさと向きが個別に調整可能となっている。本実施形態では、各コイル 8 a～8 d に流される励磁電流は直流である（但し、後述するように、場合によっては交流の場合もあり得

る)。

【0023】

図2 (a) は、図1に示したレーザ発振装置において、コイル励磁時に放電電流に及ぼされる力を説明する図であり、図2 (b)、図2 (c) は放電励起交流電流の位相に応じて変化する放電状態への影響を説明する図である。また、図2 (d) は、放電励起交流電流の1サイクルを通して見た時の放電状態を表わしている。

【0024】

先ず図2 (a) に示した如く、コイル8 a～8 dを直流電流で励磁すると、各放電セクションにおいて放電管の軸方向に磁束密度Bが発生する。この磁束密度Bに対して、同図において上方から下方に放電電流(直流) Iが流れると、この電流Iに対して、 $F = I \times B$ なる電磁力が働き、その結果、放電は、図2 (b)のように湾曲して発生する。

【0025】

放電は交流であるから、半サイクルごとに電流の向きが交番的に変化する。従って、次の半サイクルでは、力Fの作用の向きが逆となり、放電は図2 (c)の状態となる。1サイクル全体を考えれば、放電領域は、図2 (d)のように放電管の外側方向に広がった放電状態となる。

【0026】

このような放電状態の変化に対応して、形成されるモードがどのようなになるかは、放電管の電極幅に影響される。放電管の電極幅とモードとの一般的な関係について、前述の特許文献1に開示されている。一例として、電極幅が比較的狭いケースについて、図3を参照図に加えて説明する。

電極幅が比較的狭いケースでは、磁束非印加($B = 0$)の下では、図3 (a)のようなガウスモードに近いモードが得られる。ここに、上記したように磁界(磁束密度B)が印加されて放電が図2 (d)のように広がるとモードが変化する。例えば、コイルを強く励磁して十分に大きな磁束密度($B = B_1$ とする)を発生させると、図3 (b)のようなリングモードになる。

【0027】

また、磁界の強度を $B = 0$ と $B = B_1$ の間で変化させると、図 4 (a) ~ 図 4 (c) のような種々のモードが得られる。図 4 (a) は比較的弱い磁界印加条件下で得られるもので、ほぼ台形状のモードである。図 4 (b) は、中程度の磁界印加条件下で得られるモードで、両側に膨らんだ山形となっている。図 4 (c) は、強めの磁界印加条件下で得られるモードで、図 3 (b) に示したようなリングモードへ変化する手前のモードとなっている。

【0028】

なお、上記の説明では、各放電セクション 3 a、3 b のコイル 8 a ~ 8 d の励磁を同等とすることを前提としている。しかし、場合によっては、放電セクション 3 a のコイル 8 a、8 b と放電セクション 3 b のコイル 8 c、8 d の励磁の強さを異なるものとしても良い。その場合、放電セクション 3 a で励起されるモードと放電セクション 3 b で励起されるモードが異なることになるが、全体としては両モードがブレンドされ、中間的なモードが得られる。更に、場合によっては、同一放電セクションのコイル（例えば 8 a と 8 b）の励磁の強さを異なるものとしても良い。

【0029】

また、上記の実施形態では、直流の磁界を印加したが、放電電極 2 a、2 b が螺旋状電極の場合には、制御装置 10 を用いて、放電励起用電源 1 a、1 b とコイル励磁回路を同期制御し、放電電流に同期した交流磁界を各放電セクション 3 a、3 b に印加するようにしても良い。この場合、放電管の各局所断面毎に見れば、放電状態は、図 7 に示した如く、電流の向き（交流の位相）に依らず一つの方向側に湾曲した状態となる。但し、放電管の長さ方向の位置に応じてこの湾曲方向がスパイラル状に変化（回転）しているため、モードとしては上述の実施形態と同様に、磁界の強さに応じて、図 3 (b) から、図 4 (a) ~ 図 4 (c) の形状となる。

【0030】

更に、上述の実施形態では、2 つの放電セクションにそれぞれ励磁可能なコイルを配置し、各コイルの励磁の強さを可変としたが、一方の放電セクションのコイルの励磁の強さを可変としても良い。放電セクションの数あるいは放電管の数

および電源の数にも特に制限はない。3つ以上であっても良いし、1つであっても良い。1台の放電電源で駆動される放電セクションが2つ以上あっても構わない。但し、いずれのケースにあっても、少なくとも1つの放電セクションに磁界が印加できることは、本発明にとって必須の要件である。

【0031】

なお、上述の実施形態で説明したガスレーザ発振装置は、高速軸流型レーザと呼ばれるタイプに属するが、本発明の適用はこの高速軸流型レーザに限定されるものではなく、ガス放電を行なう放電セクションを持つ他の型のガスレーザ発振装置にも適用可能である。例えば、低速軸流型レーザ、2軸直交型レーザ、3軸直交型レーザ、あるいはTEAレーザに本発明を適用して、同様の効果が得られることも明らかである。

【0032】

更に、ガス放電は一応交流放電である場合について説明したが、直流放電やパルス放電においても同じ原理（放電電流に磁界を作用させて、放電状態を制御する）によってモードを制御することが可能であり、同様の効果が期待できる。

【0033】

例えば、直流放電の場合は、図1における放電励起用電源1a、1bを直流放電励起用電源を採用すれば良い。そして、放電セクション3a、3bで、放電電流を流す方向（極性）と磁界（磁束密度B）の方向を図2（a）で示したようにとれば、図2（b）のような放電状態が得られる。磁束密度Bの強さを制御すれば、放電領域の湾曲の程度を制御できる。

【0034】

また、もしも、放電セクション3a、3bで、放電電流を流す方向（極性）か磁界（磁束密度B）の方向の一方を逆にとれば、一方の放電セクションでは図2（b）のような放電状態が得られ、他方の放電セクションでは図2（c）のような放電状態が得られる。その結果、全体としては図2（d）のような放電状態が得られたと同等のモード（例えばリングモード）でレーザ発振を起こすことができる。

【0035】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に従ったレーザ発振装置は、磁界の印加によってレーザビームモードの制御乃至切替を行なうものであり、光学要素の機械的な移動や変形に頼っていないので、構造の複雑化を招くことなく、高速に動作する制御性の良い、また、取扱いが容易で保守性の良いビームモード制御機能の実現される。そのため、用途に最適なビームモードが簡単に実現でき、広範な用途への適用が可能になる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明の実施形態に係るレーザ発振装置の要部構成を示した図である。

【図 2】

本発明の実施形態に係るレーザ発振装置において、コイル励磁時に放電電流に起る状態変化を説明する図であり、(a) はコイル励磁時に放電電流に及ぼされる力を表わし、(b)、(c) は放電励起交流電流の位相に応じて変化する放電状態への影響を表わし、(d) は放電励起交流電流の 1 サイクルを通して見た時の放電状態を表わしている。

【図 3】

本発明の実施形態に係るレーザ発振装置について、(a) 磁界を印加しない条件下におけるモード、及び、(b) 十分強い磁界を印加した条件下におけるモードをそれぞれ示した図である。

【図 4】

本発明の実施形態に係るレーザ発振装置について、図 3 (a) の磁界非印加と図 3 (b) の強い磁界印加との中間的な条件下で得られる諸モードを示した図で、順に、(a) 比較的弱い磁界印加条件下で得られるモード、(b) 中程度の磁界印加条件下で得られるモード、(c) 比較的強い磁界印加条件下で得られるモードを表わしている。

【図 5】

螺旋状電極を採用した場合の放電状態を示す図である。

【図 6】

従来の代表的なガスレーザ発振装置の要部構成を例示した図である。

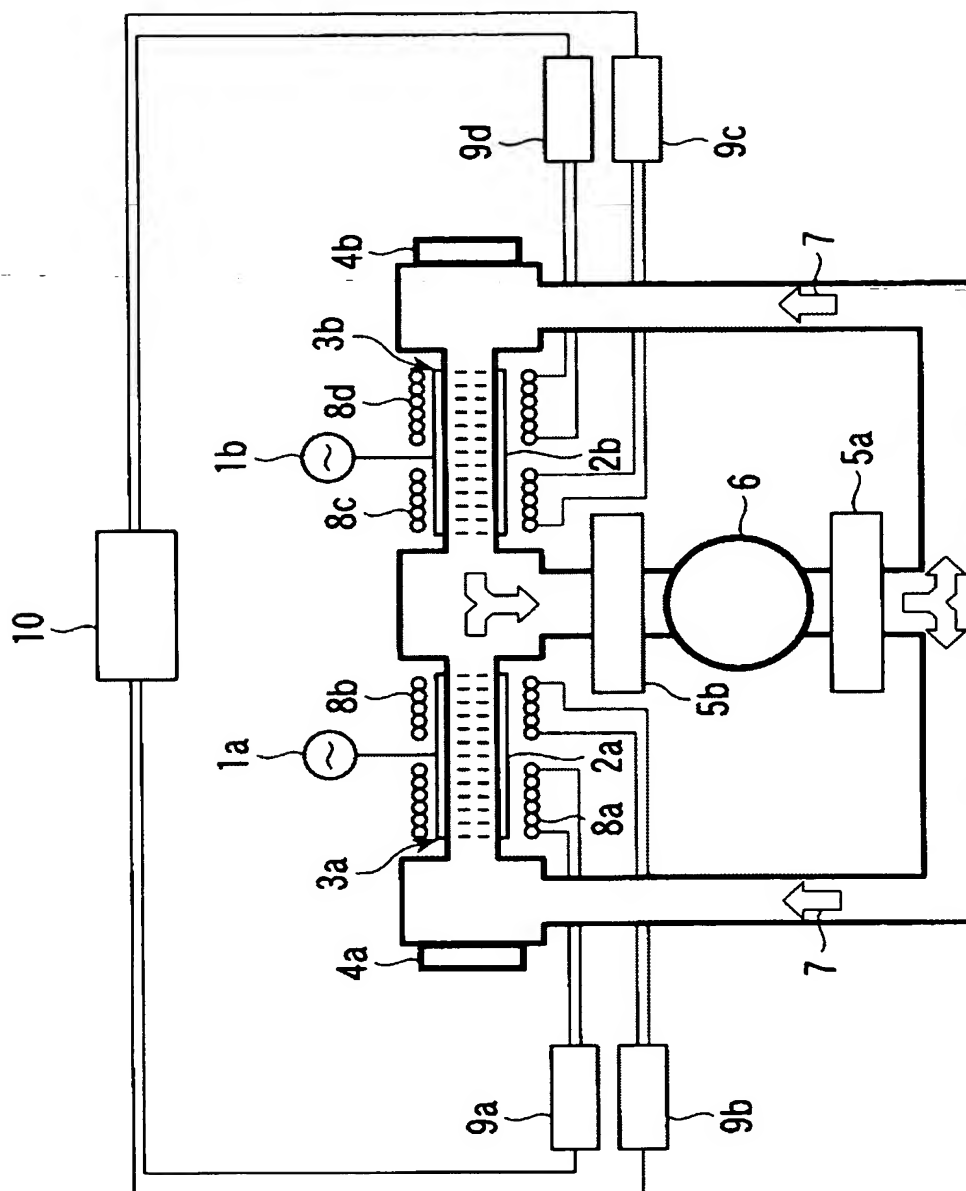
【符号の説明】

- 1 a、1 b 放電励起用電源
- 2 a、2 b 電極
- 3 a、3 b 放電セクション
- 4 a リアミラー
- 4 b 出力ミラー
- 5 a、5 b 熱交換器
- 6 送風機
- 7 媒質ガス流
- 8 a～8 d コイル
- 9 a～9 d コイル励磁回路
- 1 0 制御装置

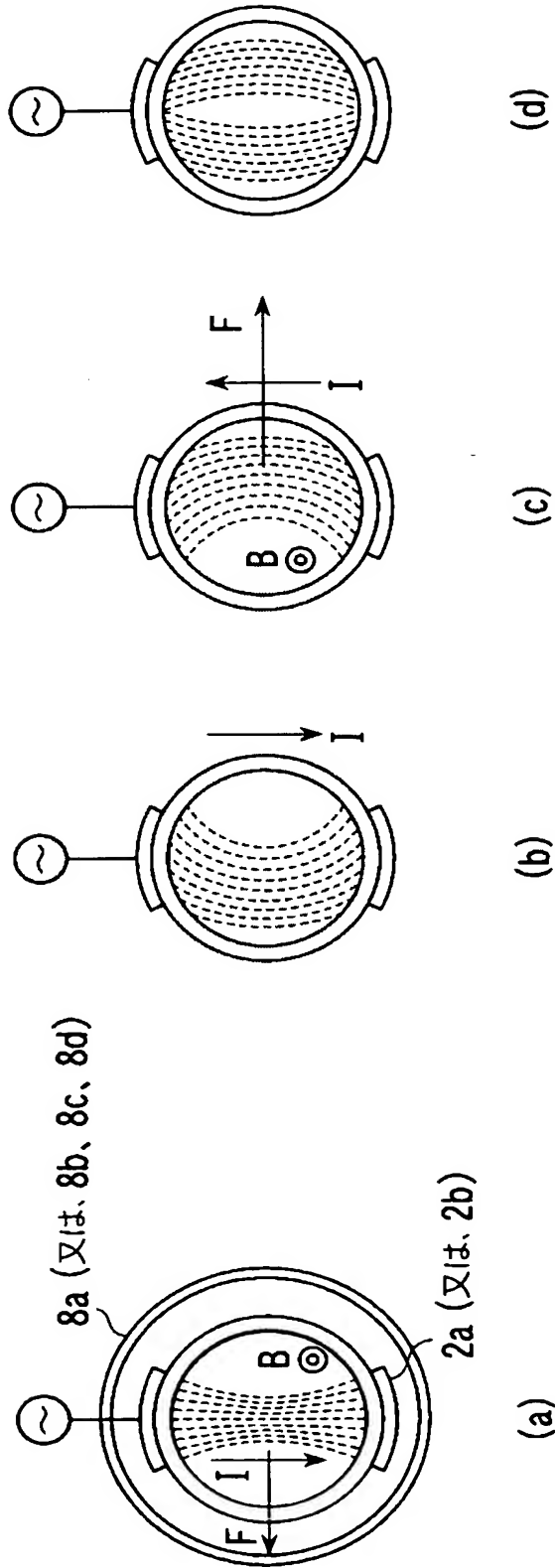
【書類名】

図面

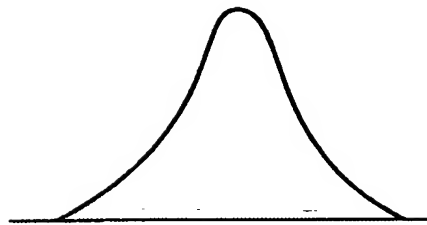
【图 1】



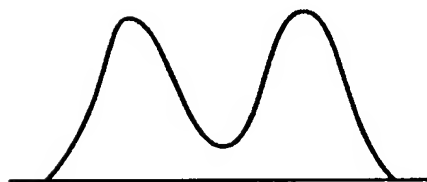
【図 2】



【図 3】

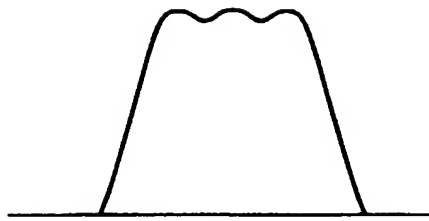


(a)

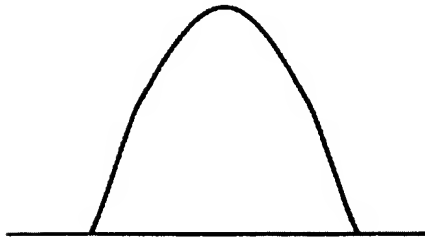


(b)

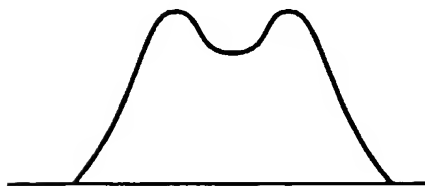
【図 4】



(a)



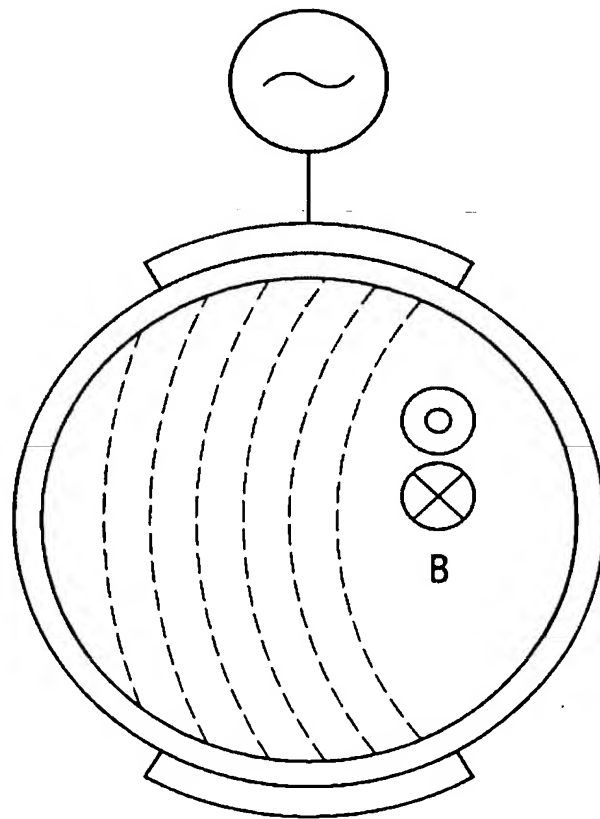
(b)



(c)

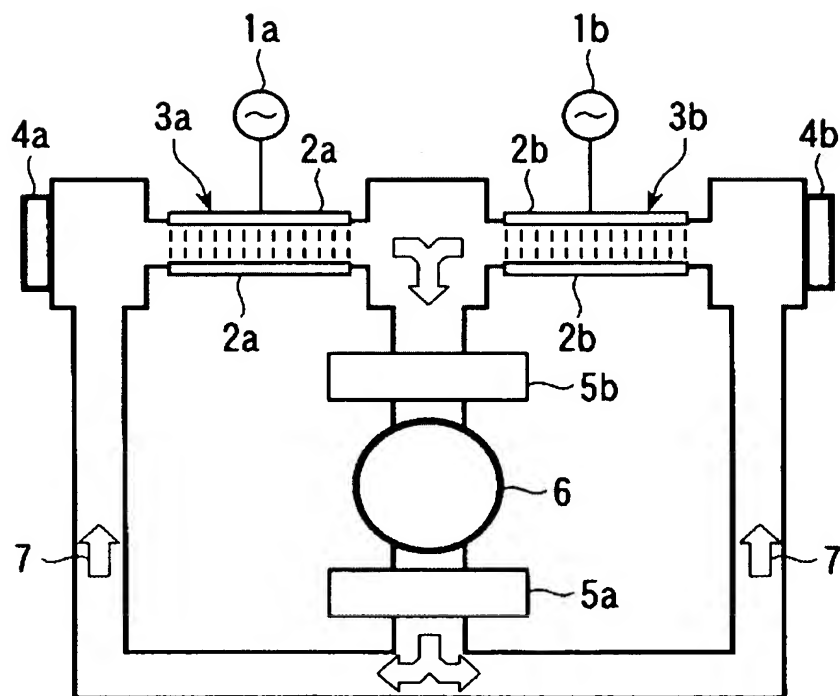
DESTINATION FILE COPY

【図 5】



DEPT. OF AGRICULTURE

【図 6】



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 モードの高速切替が可能で、保守が容易なガスレーザ発振装置の提供

。

【解決手段】 リアミラー 4 a と出力ミラー 4 b の間の光共振空間に放電セクション 3 a、3 b が形成され、媒質ガスが循環流通する。電極 2 a、2 b は、制御装置 1 0 で制御される放電励起用電源（交流又は直流）1 a、1 b に接続される。各放電セクション 3 a、3 b の放電管の周囲にコイル 8 a ～ 8 d が巻回され、コイル励磁回路 9 a ～ 9 d で励磁される。励磁電流の大きさと向きは、制御装置 1 0 で可変制御される。コイル 8 a ～ 8 d が励磁されると、放電セクション 3 a、3 b に生成される磁界の強さと向きに応じて、各電極 2 a、2 b 間に流れる放電電流の通る領域が変化する。これを利用して、レーザビームモードを制御する

。

【選択図】

図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 2 3 6 5 3
受付番号	5 0 3 0 0 1 5 7 5 7 4
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 5 年 2 月 3 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 1月31日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 2 3 6 5 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 0 0 0 8 2 3 5]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 1 0 月 2 4 日

新規登録

住 所
氏 名

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地
ファナック株式会社